

**UTILIZACIÓN DE ZEOLITA EN LA ALIMENTACIÓN DE
CERDOS PARA ABASTO**

BULMARO MÉNDEZ ARGÜELLO

TESIS

**Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN ZOOTECNIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
PROGRAMA DE GRADUADOS**



**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
Octubre, 2009**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIRECCIÓN DE POSGRADO

UTILIZACIÓN DE ZEOLITA EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS PARA
ABASTO

TESIS
POR:

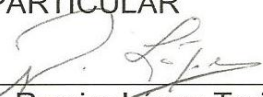
BULMARO MÉNDEZ ARGÜELLO

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN ZOOTECNIA

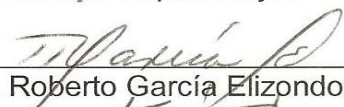
COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:



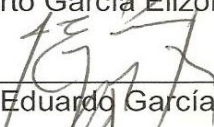
Dr. Ramiro Lopez Trujillo

Vocal:



Dr. Roberto Garcia Elizondo

Vocal:




Dr. José Eduardo García Martínez

Vocal:



Dr. Fernando Ruiz Zárate



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Posgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Octubre, 2009

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

Especialmente agradezco a los doctores: Ramiro López Trujillo, Roberto García Elizondo, José Eduardo García Martínez y Fernando Ruiz Zárate por su valiosa asesoría para la realización de esta tesis.

A la L.C.N. Laura Maricela Lara López laboratorista de reproducción animal por su valioso apoyo en el análisis químico de los metabolitos y minerales.

Al T. L. Q. Carlos Arévalo Sanmiguel del laboratorio de nutrición y alimentos por su buena disposición y apoyo para el análisis bromatológico de las dietas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

A la empresa ZEOMEX por la donación de la materia prima.

Al M.C. Javier Torres Arreguín, del Departamento de Suelos por sus atinados consejos y apoyo durante mi estancia en la universidad.

Además, agradezco a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme todo lo necesario para mi superación profesional.

DEDICATORIAS

A MI FAMILIA

Padres

Sr. Antonio Méndez Alfaro
Sra. Angelina Argüello Gordillo

Hermanos

Álvaro, Rolando, Esmeralda, Susi, Lucero,
Marlene.

A mí cuñada Rosario

Mis sobrinas: Paola y Alejandra

A la abuela Caralampia

Y a los que se fueron

Porque son lo más valioso que he tenido y porque son el motivo de mi superación profesional. Gracias por confiar en mí y por apoyarme en todo momento.

A las personas que también contribuyeron:

A la Doctora Guadalupe L. Guillén Alfonso directora del Colegio de Bachilleres y a todo el cuerpo de académicos, del Plantel 50 de la Independencia, Chiapas por la excelente y valiosa enseñanza que recibí en sus aulas.

A los amigos

Griselda Alfaro Domínguez (Gris), Oscar Armando Pecina, Higinio Rivera Santiago, Camerino Rojas Montes, Misael Rodríguez Arvizu, Socorro Méndez Márquez, Hugo A. González, Lupita Cerino Limón y a los que me faltaron por mencionar.

COMPENDIO

Utilización de zeolita en la alimentación de cerdos para abasto

Por: Bulmaro Méndez Argüello

Maestría en Ciencias en Zootecnia
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre, 2009.

Dr. Ramiro López Trujillo- Asesor

Palabras Clave: zeolita, cerdos, alimentación, comportamiento, metabolitos, minerales

Se evaluó el efecto de 0, 2 y 4 % de zeolita natural (clinoptilolita) en la dieta, sobre el comportamiento productivo y perfiles metabólicos en cerdos de 13 a 99 kg de PV por 114 días. Se utilizaron 42 cerdos (24 machos castrados y 18 hembras) de cruza tipo comercial: Yorkshire, Hampshire y Landrace en tres etapas de producción: iniciación, crecimiento y finalización. Para el análisis estadístico de incremento de peso, metabolitos y minerales, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con submuestreos y arreglo factorial de tratamientos 3 x 3; tres etapas y tres niveles de zeolita. En tanto que para consumo y conversión alimenticia se utilizó el modelo de bloques al azar con similar arreglo factorial sin submuestreo. La ganancia de peso no fue afectada ($P > 0.05$) por la inclusión de zeolita. El consumo y la conversión alimenticia fueron afectados ($P < 0.05$), el consumo e índice de conversión se incrementó con 4 % sin embargo, con el 2 % de zeolita se encontró una mejor conversión alimenticia y el consumo no se incrementó respecto al testigo en las tres etapas de producción. La glucosa en suero mostró efecto significativo en la interacción

($P < 0.05$), la cual incrementó en las etapas de crecimiento y finalización pero se mantuvo constante en iniciación con la adición de zeolita; la urea tuvo efecto significativo en la interacción ($P < 0.05$), ésta se redujo con la adición de zeolita en las etapas de iniciación y finalización, sin embargo, para crecimiento los niveles mostraron una tendencia a incrementarse; la creatinina disminuyó significativamente su concentración ($P < 0.05$) en las tres etapas de producción al añadir zeolita, las proteínas totales mostraron significancia en la interacción ($P < 0.05$), su concentración disminuyó en iniciación pero aumentó en crecimiento y finalización con la adición de zeolita ($P < 0.05$). El colesterol y los minerales no fueron afectados ($P > 0.05$). Se concluyó que la adición de zeolita en la dieta no mejora los incrementos de peso, ni afecta al metabolismo de los minerales y las grasas, pero si el consumo, la conversión alimenticia, el metabolismo de los carbohidratos y proteínas. La adición al 2 % de zeolita en la dieta mejora la conversión alimenticia respecto al testigo (3.028 contra 3.110) sin aumentar el consumo.

ABSTRACT

Use of zeolite in diets of slaughter swine

By

Bulmaro Méndez Argüello

Master of Science in Zootechny
Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro
Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. October, 2009

Dr. Ramiro López Trujillo- Advisor

Key words: zeolite, pigs, nutrition, performance, metabolites, minerals

An experiment was conducted with forty-two pigs (24 castrated males and 18 females) of commercial crosses: Yorkshire, Hampshire, and Landrace from 13 to 99 kilograms live weight in a randomized block design to determine the effect of adding zeolite to a three stages production system diet. Performance and blood chemistry (metabolites, minerals) variables were measured. The treatments were designed according to the combination of three levels of two factors: production stage (initiation, growth, and finalization) and amount of zeolite inclusion in the diet (0, 2, and 4 %). The experiment lasted 114 days and was run at the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro pig farm, located in Saltillo, Coahuila, Mexico. There were no statistically differences ($P>0.05$) for weight gain, but for consumption and feed conversion ($P<0.05$). The inclusion of 4 % of zeolite in the diet increased consumption but reduced feed efficiency, while 2 % of zeolite in the diet improved feed conversion and consumption. Serum glucose increased ($P<0.05$) at growing and finishing stages but remained constant at initiation. Serum urea decreased ($P<0.05$) with the addition of zeolite in the stages of initiation and finishing, but increased growth levels. The creatinine concentration decreased ($P<0.05$) in the three production stages.

Total protein decreased at initiation but rise in growing and finishing stage with the addition of zeolite. Cholesterol and minerals were not affected ($P>0.05$). It was conclude that the addition of zeolite in the diet does not improve weight gains, or affect the metabolism of minerals and fats, but affects consumption, feed conversion and enzymatic processes involved in the metabolism of carbohydrates and proteins. The addition to 2 % of zeolite in the diet improves the dietary conversion in relation to the group control (3.028 vs 3.110) without increasing consumption.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE CUADROS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos generales sobre las zeolitas	3
2.2. Clases de zeolitas	4
2.3. Uso de zeolita en dietas de cerdos	4
2.4. Uso de zeolita en dieta de pollos	6
2.5. Desordenes digestivos.....	8
2.6. Reducción de la excreción de nitrógeno y digestibilidad de los nutrientes.....	9
2.7. Hipótesis	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. Ubicación del área de estudio	12
3.2. Análisis bromatológico de las dietas	13
3.3. Colección de sangre y análisis químicos	15
3.4. Análisis estadístico.....	16
4. RESULTADOS.....	17
4.1. Comportamiento productivo	17
4.2. Perfil bioquímico.....	18
5. DISCUSIÓN	21
5.1. Comportamiento productivo	21
5.2. Perfil bioquímico.....	23
6. CONCLUSIONES	26
7. RESUMEN	27
8. LITERATURA CITADA.....	29
9. APÉNDICE.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Arreglo de tratamientos para probar el efecto de la inclusión de zeolita en la dieta de cerdos para abasto.....	12
3.2	Análisis bromatológico de la dieta de iniciación (maíz-soya) en base a MS.....	13
3.3	Análisis bromatológico de la dieta de crecimiento (maíz-soya) en base a MS.....	14
3.4	Análisis bromatológico de la dieta de crecimiento (sorgo-soya) en base a MS.....	14
3.5	Análisis bromatológico de la dieta de finalización(maíz-soya) en base a MS	14
3.6	Análisis bromatológico de la dieta de finalización (sorgo-soya) en base a MS	15
4.1	Comportamiento productivo de cerdos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.....	17
4.2	Concentración de metabolitos en suero sanguíneo de cerdos alimentados con diferentes niveles de zeolita.....	19
4.3	Concentración de minerales en suero sanguíneo de cerdos alimentados con diferentes niveles de zeolita.....	20
9.1	Análisis de varianza para ganancia de peso.....	37
9.2	Análisis de varianza para consumo de materia seca.....	37
9.3	Análisis de varianza para conversión alimenticia.....	37
9.4	Análisis de varianza para la concentración de glucosa en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.....	38
9.5	Análisis de varianza para la concentración de urea en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.....	38
9.6	Análisis de varianza para la concentración de creatinina en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.....	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
9.7	Análisis de varianza para la concentración de colesterol en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.....	39
9.8	Análisis de varianza para la concentración de proteínas totales en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.....	40
9.9	Análisis de varianza para la concentración de calcio en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.....	40
9.10	Análisis de varianza para la concentración de fósforo en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.....	41
9.11	Análisis de varianza para la concentración de magnesio en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.....	41
9.12	Dietas utilizadas en las tres etapas del periodo experimental..	42

1. INTRODUCCIÓN

En la producción porcina la alimentación es la que genera mayores gastos, representa alrededor del 55 % en el sistema tecnificado y el 62 % en el semitecnificado (SAGARPA, 2006). La búsqueda de alternativas para disminuir éstos costos ha conducido a utilizar aditivos no nutricionales que mejoren el comportamiento productivo. La inclusión de agentes antimicrobianos, enzimas, agentes enmascarantes, antioxidantes, absorbentes y agentes de control de olor es una práctica común (NRC, 1998). Las zeolitas han sido aplicadas en diferentes experimentos con resultados satisfactorios en la nutrición de cerdos. Éstas son minerales aluminosilicatos cristalinos, formados principalmente por hidrógeno, oxígeno, aluminio y silicio, los que poseen infinitas estructuras tridimensionales (poros) que le dan la capacidad de ganar y perder agua reversiblemente y de intercambiar algunos cationes constituyentes (Mumpton, 1999). Cuando son mezcladas con el alimento se les ha atribuido propiedades para mejorar la productividad de los animales. Nutricionalmente se asevera que mejoran los procesos enzimáticos involucrados en el metabolismo de las proteínas, carbohidratos y grasas (Mumpton y Fishman, 1977; Malagutti, *et al.*, 2002; Alexopoulos *et al.*, 2007).

Diversos estudios señalan que la adición de zeolitas a las dietas de cerdos mejora los incrementos de peso, el crecimiento, la eficiencia alimenticia, la calidad de la carne, reduce la mortalidad y aumenta la resistencia a enfermedades. Además, mejora las funciones del tracto digestivo de los animales (Hossain *et al.*, 1995; Kim *et al.*, 2005; Meléndez y Rodríguez, 2005) y secuestran toxinas, tanto en los alimentos como en el aparato digestivo de los animales, lo que permite disminuir la mortalidad por ésta causa (Ramos *et al.*, 1996; Ramos y Hernández, 1997). Además, ayudan a una mejor digestibilidad de la materia orgánica y mejor utilización de la fibra (Bazanov *et al.*, 1982). Otros autores destacan efectos positivos en el metabolismo del nitrógeno (Tashenov *et al.*, 1986).

Estos resultados hacen de éste aluminosilicato una alternativa esperanzadora, porque mejora el comportamiento productivo y permite una mayor eficiencia de las dietas de menor calidad.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de tres niveles de zeolita (0, 2 y 4 %) tipo clinoptilolita en dietas de cerdos de 13 a 99 kg de peso vivo (PV) en un programa de alimentación de tres etapas, en base a su comportamiento productivo (incremento de peso, consumo, conversión alimenticia) y perfiles metabólicos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales sobre las zeolitas

Las zeolitas son minerales aluminosilicatos, formados principalmente por aluminio, silicio, hidrógeno y oxígeno, hidratados de sodio, calcio, magnesio y potasio, poseen infinitas estructuras tridimensionales que le confieren la capacidad de ganar y perder agua reversiblemente y de cambiar algunos cationes constituyentes por otros. Tienen cargas negativas de manera natural y poseen alta capacidad de intercambio iónico (Mumpton y Fishman, 1977).

Su estructura molecular está formada por una matriz de tetraedros de aluminio (AlO_4^-)₅ y silicio (SiO_4^-)₄, cuya estructura se encuentra atravesada por infinidad de canales y poros que hacen de este mineral un verdadero tamiz, a la vez que determina en gran medida sus propiedades más importantes como son la capacidad de ganar y perder agua de manera reversible y de intercambiar parte de sus cationes constituyentes sin que su estructura cambie mucho. Las cargas negativas de las unidades de AlO_4 se equilibran con la presencia de cationes intercambiables como calcio, magnesio, sodio, hierro y potasio. Estos iones pueden ser desplazados por otras sustancias, por ejemplo metales pesados o iones de amoníaco. Este fenómeno se le conoce como intercambio catiónico y es ésta capacidad de la clinoptilolita lo que le da las útiles propiedades (Mumpton, 1999).

Su importancia en la nutrición animal se debe a la capacidad que tienen de absorber amoníaco y funcionar como reservas de éste, incrementando la utilización de nitrógeno de la dieta, evitando menores pérdidas en heces y orina, promoviendo así un mejor comportamiento productivo de los animales (Mumpton y Fishman, 1977), además, las zeolitas reducen la absorción de amoníaco en el tracto gastrointestinal producido por la deaminación de las proteínas durante el proceso digestivo (Shurson *et al.*, 1984). Otros autores

señalan que tienen la habilidad de absorber agentes tóxicos, principalmente de aflatoxinas presentes en el tracto digestivo y en los alimentos (Trckova *et al.*, 2004).

2.2. Clases de zeolitas

Desde el descubrimiento de las zeolitas en 1949, 40 clases naturales han sido organizadas y clasificadas y, en número similar han sido sintetizadas en laboratorio. Las principales zeolitas naturales son: clinoptilolita, modernita chabacita, erionita, faujasita, ferrierita, heulandita, laumantita y filipsita. Dentro de estas clases las más utilizadas en nutrición animal han sido la clinoptilolita y la modernita (Cosma, 2008).

2.3. Uso de zeolita en dietas de cerdos

Shurson *et al.* (1984) experimentaron con cerdos en etapa de crecimiento (25-65 kg de PV), alimentados con una dieta a base de maíz y soya conteniendo tres niveles de zeolita (0, 3 y 5 %). Reportaron que la adición de zeolita no afectó el consumo y los incrementos de pesos fueron similares para los tres niveles. En una segunda prueba estos autores trabajaron con los mismos cerdos pero con un PV inicial de 65 kg (etapa de finalización) ahora conteniendo en la dieta 0 y 1 % zeolita sintética y 5 % zeolita natural (clinoptilolita), observaron que no hubo diferencia significativa para incremento de peso ni consumo, sin embargo, para el nivel 5 % la conversión alimenticia empeoró.

Leung (2004) condujo una prueba con cerdos de 23.9 a 110.9 kg de PV con diferentes niveles de proteína bruta y energía (alta y baja) en la dieta. Probó el efecto de cuatro niveles de zeolita (0, 2, 4 y 6 %), sobre el comportamiento productivo y calidad de la canal. No reportó diferencia significativa en incremento de peso, consumo ni conversión alimenticia para los diferentes niveles de proteína, energía y zeolita, pero indica que en la etapa inicial (23.9

kg) las dietas bajas en proteína con 4 % de zeolita promovieron un comportamiento similar a los animales alimentados con exceso de proteína. Indica que la zeolita tiene potencial para mejorar la utilización de los nutrientes sobre todo del N, ya que reduce sus pérdidas en heces y orina.

Otros autores (Hatieganu *et al.*, 1979 y Gevorkyan *et al.*, 1982) experimentaron con 3 % de zeolita en dieta de cerdos de 12 a 30 kg de PV, encontraron efectos significativos ($P < 0.05$) en incrementos de peso, reducción en consumo y mejor conversión alimenticia. Por otra parte, Castro e Iglesias (1989) obtienen efectos positivos con 3 y 6 % en cerdas de 21 kg de PV.

Castro y Elías (1978) utilizaron treinta y cinco cerdos mestizos castrados para evaluar el comportamiento productivo y las ventajas económicas de incluir 0, 2.5, 5, 7.5 y 10 % de zeolita en dietas con melaza de caña en etapa de crecimiento (35 a 65 kg). No encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para la ganancia de peso. Sin embargo, la conversión alimenticia mejoró significativamente en relación al control con 5 % o más de zeolita. Además, encontraron que hay una mejor rentabilidad del alimento, así como un aprovechamiento en la capacidad de las instalaciones. Sugieren que es posible utilizar zeolita ventajosamente.

Kiriakis *et al.* (2002) realizaron un estudio con 240 cerdas en edad reproductiva, adicionaron 2 % de zeolita en la dieta durante todo el ciclo reproductivo y encontraron que se produce un efecto positivo en cuanto a la salud, esto porque las cerdas que recibieron zeolita en su dieta parieron lechones más pesados y observaron en ellos una mayor resistencia contra la diarrea, además no encontraron efectos adversos con el uso de la proteína cruda ni alteración en la concentración sérica de ciertas vitaminas (A, E) y minerales (P, K, Cu, Zn).

Castro *et al.* (2008) trabajaron con cerdos de 33-61 días de edad, sustituyendo el 6 % de la dieta por zeolita. Observaron que la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia fueron mejores al incluir zeolita.

Meléndez y Rodríguez (2005) utilizaron 16 cerdos híbridos (Landrace x Yorkshire) machos castrados y hembras de 18 a 75 kg de PV, para evaluar el efecto de cuatro niveles (0, 2, 4 y 6 %) de zeolita tipo clinoptilolita sobre el comportamiento productivo. Reportan que el aumento diario de peso, los consumos de alimento y la conversión alimenticia mostraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) para los tratamientos con 4 y 6 %. El consumo y el aumento de peso fueron mayores con el nivel 6 %, además, la mejor conversión alimenticia se presentó para éste nivel.

2.4. Uso de zeolita en dieta de pollos

En pollos de engorda el empleo de zeolita natural en la dieta ofrece mejoras productivas determinadas por una mayor eficiencia metabólica en la utilización de los nutrientes, disminución o eliminación de las enfermedades gastroentéricas y de los efectos tóxicos de micotoxinas contaminantes de alimentos, también ha demostrado mejorar la calidad de la canal y promueve mejores rendimientos (Smith y James, 1980; González *et al.*, 1996; Zaldívar *et al.*, 2005).

González *et al.* (1996) citaron que la incorporación de 5 % de zeolita en dietas destinadas a pollos aumentó 6 % la digestibilidad aparente de la materia y 6 % la retención de N.

Veitia y Gonzáles (1999) señalan que la inclusión de 4 % de zeolita en la dieta final para pollos de engorda, mejora los índices productivos (incremento de peso, consumo y conversión), también, se logra mayor tiempo de retención del alimento en el tracto gastrointestinal, resultados similares encontró González (2000) al adicionar 3 % de este aluminosilicato.

Acosta *et al.* (2005) utilizaron 1400 pollos para evaluar el efecto de la adición de zeolita natural (clinoptilolita) sobre la ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento y calidad de la canal. Encontraron que la inclusión de la zeolita no tuvo efecto significativo en el incremento de peso, pero sí en la conversión alimenticia, encontraron además, mayor rendimiento en canal y menor deposición de grasa abdominal. Esto determinó una interacción significativa favorable al uso de zeolita. Los resultados indicaron que con el uso de zeolita, se puede obtener mayor rendimiento en carne de clase A y canales más magras.

Zaldívar *et al.* (2005) evaluaron la inclusión de 5 % de zeolita en sustitución del cereal básico (trigo) en pollos de engorde con tres planos nutricionales (bueno, regular y malo). Estudiaron los indicadores hematoquímicos en particular los relacionados con el metabolismo proteico. En los tratamientos con zeolita los pollos presentaron un mejor comportamiento en la etapa de inicio, independientemente del plano nutricional empleado. En la prueba de canales las aves que recibieron zeolita mostraron un mayor rendimiento y disminución de la grasa abdominal.

Arroyo *et al.* (2002) utilizaron 1600 pollos de 1 a 47 d de edad, para estudiar el efecto de la adición de 2.5 y 5 % de zeolita en la dieta sobre el comportamiento productivo y calidad de la canal. Concluyeron que con la adición de 2.5 % se obtiene un máximo rendimiento de la canal en machos y hembras, en tanto que los niveles 2.5 y 5.0 % disminuye el consumo de alimento y mejora la conversión alimenticia en las diversas etapas de producción.

Por su parte, Olver (1997) observó que la inclusión de 5 % de clinoptilolita mejora en diferentes estirpes de ponedoras de forma significativa la tasa de postura ($P < 0.05$) y tiende a reducir la humedad de heces.

Los diversos estudios indican efectos positivos con el uso de zeolita, sin embargo, algunos autores señalan que el beneficio de agregar zeolita dependerá del origen geográfico de las fuentes, tamaño de la partícula, especie, condiciones ambientales y nivel de proteína en la dieta (Pond y Yen, 1982), en este sentido Poulsen y Oksbjerg (1995) señalan que es importante ajustar los niveles de proteína cuando se añade zeolita ya que ésta la diluye y los cerdos no compensan el consumo y el crecimiento es inferior.

2.5. Desordenes digestivos

Hay reportes donde señalan que la zeolita tiene la capacidad para disminuir la incidencia de desórdenes digestivos, especialmente de diarreas. Aunque no se conoce exactamente el mecanismo de acción por el que controla las diarreas, se cree que se debe a la capacidad de éste mineral de adsorber toxinas bacterianas y su posibilidad de secuestrar otras sustancias tóxicas, entre ellas las micotoxinas (Lon-Wo *et al.*, 1993).

Se han hecho experimentos para conocer su efectividad sobre todo en cerdos lactantes y destetados. Prieto *et al.* (2004) trabajaron con 98 cerditos lactantes, los cuales presentaban diarreas acuosas de color blanco amarillentas a los que suministraron zeolita en el alimento a una concentración del 10 % durante tres días consecutivos, observaron que la mortalidad fue significativamente superior en el grupo control, 30.3 %, en relación al tratamiento con zeolita. Por otra parte, la mayor cantidad de animales recuperados en tres días, se halló en el tratamiento con zeolita, donde sanó el 80 % de los animales enfermos (25 de 30 cerditos). Martínez *et al.* (2004) encontraron resultados similares en lechones de aproximadamente 8 kg de PV enfermos de diarrea al adicionar 10 % de zeolita como antibiótico.

2.6. Reducción de la excreción de nitrógeno y digestibilidad de los nutrientes

Aunque la mayor parte del N alimenticio está presente en forma de proteína, péptidos o aminoácidos, el exceso no retenido en los tejidos corporales puede encontrarse en otras formas en las heces y la orina, después de ser o no metabolizados. La urea se encuentra principalmente en la orina; los péptidos y aminoácidos en las heces. Estos últimos pueden proceder del alimento, de las secreciones endógenas y/o de la conversión bacteriana (Hartog y Sijtsma, 2007). Las fuentes de N no excretadas en las heces son menos volátiles que el N urinario. La urea una vez excretada se convierte rápidamente en amoníaco y este es un gas nocivo para humanos y animales. Contribuye al mal olor y a la acidificación del ambiente (Hartog y Sijtsma, 2007).

Ha sido señalado que la zeolita puede mejorar a nivel ileal, el aprovechamiento digestivo de dietas para cerdos (Ly y Castro, 1997) y contribuye a mejorar la eficiencia de utilización de los nutrientes, especialmente del N (Mumpton y Fishman, 1977).

Así, Castro *et al.* (2005) al trabajar con cerdos destetados de 7.5 kg de PV a los cuales suministraron una dieta a base de maíz y soya con menor proteína respecto al testigo (18 contra 16 %) pero adicionando zeolita, como alternativa para reducir la excreción nitrogenada. Demostraron que la emisión de N por las excretas (heces y orina) fue significativamente menor para el tratamiento con zeolita.

En pruebas de digestibilidad llevadas a cabo con 12 cerdos de 55 a 85 kg de PV, donde ofrecieron dietas con cuatro niveles de zeolita (0, 2, 5 y 10 %), se reportó que la suplementación de este aluminosilicato incrementó la retención de N al final de la engorda, además de incrementar la digestibilidad de la energía y de la materia orgánica respecto al testigo (Thielemans y Bodart, 1983).

En cerdos de 7.1 kg de PV, alimentados con 2 % de zeolita se ha reportado reducción de urea y creatina en la sangre, por lo tanto en orina (Zannotti *et al.*, 1999). Esto trae beneficios porque disminuye las pérdidas de nitrógeno (Hartog y Sijtsma, 2007).

En otros experimentos se reporta un descenso en la digestibilidad de la materia seca (83.9 contra 82.7 %) en cerdos alimentados con una dieta diluida con 2 % de zeolita, disminución que fue parcialmente compensada por la mejora de retención de N (Monetti *et al.*, 1996).

Shurson *et al.* (1984) publicaron los resultados de un trabajo llevado a cabo con cerdos donde observaron una reducción de aproximadamente 7 % en la emisión de N en la orina como efecto de la dilución de la dieta con 2 % de zeolita.

Por su parte, Castro y Mas (1989) estudiaron el efecto de diferentes niveles de zeolita en el balance de nutrientes. Utilizaron 32 cerdas Yorkshire x Duroc x Yorkshire con un peso promedio de 21 kg. Los tratamientos experimentales fueron 0, 3, 6 y 9 % de zeolita. Encontraron que en los animales que consumieron el aluminosilicato presentaron una mayor retención de N. En este sentido Castro (2003) señala que en cerdos en crecimiento el empleo de zeolita natural permite incrementar la eficiencia de utilización de la energía y la proteína.

Rodríguez *et al.* (2003) trabajaron con 16 cerdos machos castrados, de cruzas comerciales (Yorkshire, Hampshire y Duroc) de 25 kg de peso vivo, para evaluar el efecto de la incorporación de lípidos y zeolita en la dieta sobre la digestibilidad total aparente. Encontraron que la zeolita al 5 % de inclusión no afectó la digestibilidad de las dietas sin embargo, encontraron valores altos de

FDN. Esto se debe a la presencia de alto contenido de mineral, que sobreestima el valor de la fibra.

Alexopoulos *et al.* (2007) condujeron una prueba con 48 cerdos de 25 a 161 d de edad, a los cuales les suministraron 2 % de zeolita en la dieta, para evaluar parámetros bioquímicos y hematológicos. Encontraron que en las etapas de crecimiento y finalización las concentraciones de urea y colesterol en sangre disminuyeron y hubo una elevada concentración de glucosa.

2.7. Hipótesis

La zeolita mejora el comportamiento productivo de los cerdos (incremento de peso, consumo y conversión alimenticia) debido a su función en los procesos enzimáticos involucrados en el metabolismo de las proteínas, carbohidratos y grasas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en la Granja Porcina y en los laboratorios de Nutrición Animal, Reproducción y Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila. La localización geográfica de la Universidad es 25° 22' 44" N y 100° 00' 00" O, con altitud de 1770 m. El clima de la región es BSo kx' (e') que se caracteriza por ser seco o árido, con régimen de lluvias entre el verano e invierno, precipitación media anual de 303.9 mm y temperatura media anual de 17.7° C (García, 1973).

Las unidades experimentales fueron cerdos en tres etapas de producción: iniciación, crecimiento y finalización. Estas etapas estuvieron determinadas por el tipo de dieta y peso de los animales. Los tratamientos se diseñaron de acuerdo a la combinación de tres niveles de los factores: etapa de producción y nivel de inclusión de zeolita en la dieta (0, 2 y 4 %), con tres repeticiones cada uno, (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Arreglo de tratamientos para probar el efecto de la inclusión de zeolita en la dieta de cerdos para abasto.

Etapa de producción	Zeolita (%)		
	0	2	4
Iniciación	T1	T2	T3
Crecimiento	T4	T5	T6
Finalización	T7	T8	T9

Se utilizaron 42 cerdos (24 machos castrados y 18 hembras) de cruza tipo comercial: Yorkshire, Hampshire y Landrace con un peso promedio inicial de 13 kg para la etapa de iniciación, 25 kg para la etapa de crecimiento y 56 kg para la etapa de finalización, la que se concluyó con un peso promedio de 99 kg.

Los animales se distribuyeron en nueve corraletas bloqueando por período de nacimiento, sexo, tipo racial y balanceado por peso inicial. El experimento duró 114 d más 5 d de adaptación al manejo y a la dieta. Los animales se desparasitaron y vitaminaron antes de iniciar la prueba. Los incrementos de peso fueron registrados al inicio y fin de cada etapa. El alimento se ofreció a libre acceso e incluía como ingredientes base al maíz y soya. Para las etapas de crecimiento y finalización se utilizó durante una semana una dieta a base de sorgo y soya debido a los altos incrementos de precio que sufrió el grano de maíz. La forma de incluir la zeolita fue en sustitución de la dieta. El consumo se estimó restando el rechazo a lo ofrecido, dividiendo esta diferencia entre el número de días y animales de la etapa. La mezcla de la zeolita y la dieta se hizo a pala (manualmente).

3.2. Análisis bromatológico de las dietas

El alimento utilizado en las tres etapas de producción se le realizó un análisis bromatológico de acuerdo a la metodología descrita por la AOAC (1997) y la determinación de la energía bruta se hizo con bomba calorimétrica (Cuadros 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6).

Cuadro 3.2. Análisis bromatológico de la dieta de iniciación (maíz-soya) en base a MS.

Determinación	Zeolita (%)		
	0	2	4
Humedad (%)	9.9	9.7	10.5
MST (%)	90	90.2	89.4
Cenizas (%)	7.3	9.2	10
Proteína Cruda (%)	20.5	19.9	19
Fibra Cruda (%)	2.5	2.6	2.2
Extracto Etéreo	2.7	3.1	3
E.L.N (%)	66.8	65	65
Energía Bruta (Mcal/kg)	3.4	3.1	3.1

Cuadro 3.3. Análisis bromatológico de la dieta de crecimiento (maíz-soya) en base a MS.

Determinación	Zeolita (%)		
	0	2	4
Humedad (%)	9.6	10.4	10.1
MST (%)	90.4	89.5	89.8
Cenizas (%)	7.6	7.8	8.9
Proteína Cruda (%)	17.3	16.3	16.1
Fibra Cruda (%)	2	2.3	2.4
EE (%)	3.9	3.3	3.8
ELN (%)	69.1	70.3	69.8
Energía Bruta (Mcal/kg)	4.1	3.5	3.5

Cuadro 3.4. Análisis bromatológico de la dieta de crecimiento (sorgo-soya) en base a MS.

Determinación	Zeolita (%)		
	0	2	4
Humedad (%)	9.7	10.2	10.3
MST (%)	90.3	89.7	89.6
Cenizas (%)	6.6	7.1	8.7
Proteína Cruda (%)	14.9	13.8	13.1
Fibra Cruda (%)	1.9	2.9	2.3
Extracto Etéreo (%)	4.7	4.3	4.4
E.L.N (%)	71.7	71.7	71.3
Energía Bruta (Mcal/kg)	3.8	3.7	3.5

Cuadro 3.5. Análisis bromatológico de la dieta de finalización (maíz-soya) en base a MS.

Determinación	Zeolita (%)		
	0	2	4
Humedad (%)	9.8	10.4	9.8
MST (%)	90.1	89.6	90.1
Cenizas (%)	5.5	7.5	8.7
Proteína cruda (%)	15.5	15	14
Fibra cruda (%)	2.9	3	2.8
Extracto Etéreo (%)	5	3.4	5.1
E.L.N (%)	70.8	70.8	69.2
Energía Bruta (Mcal/kg)	3.9	3.8	3.7

Cuadro 3.6. Análisis bromatológico de la dieta de finalización (sorgo-soya) en base a MS

Determinación	Zeolita (%)		
	0	2	4
Humedad (%)	10	10.1	9.9
MST (%)	89.9	89.8	90
Cenizas (%)	6.8	7.9	11.9
Proteína Cruda (%)	16	15.4	14.9
Fibra Cruda (%)	3.2	1.9	2
Extracto Etéreo. (%)	3.5	3.4	3.2
E.L.N. (%)	70.4	71.2	67.8
Energía Bruta (Mcal/kg)	3.8	3.7	3.1

3.3. Colección de sangre y análisis químicos

Las muestras de sangre (15 ml) se obtuvieron al final de cada etapa de la vena cava anterior con agujas vacutainer de 0.8 x 38 ml en tubos de vacío de dos machos castrados y dos hembras de cada tratamiento. El análisis químico de las muestras fue precedido de su centrifugación a 2000 rpm por 15 minutos a efecto de separar el suero. Los metabolitos (glucosa, creatinina, urea, proteínas totales, colesterol) y minerales (calcio, fósforo, magnesio) se determinaron en suero. Para metabolitos se utilizó espectrofotometría y de conformidad a las instrucciones del “kit” correspondiente.

La glucosa se analizó mediante el método de GOD-POD (Glucosa-Oxidasa-Peroxidada). Las concentraciones de proteínas totales se analizaron por el método de Biuret modificado. El nivel de urea se determinó por el método Ortoftalaldehído para diagnóstico *in vitro*. El nivel de colesterol por el método Huang modificado. El nivel de calcio se obtuvo por el método Orto Cresoftaleína. El nivel de fósforo se obtuvo por el método del Fosfomolibdato y el nivel de magnesio se obtuvo por el método Azul de Xilidil.

3.4. Análisis estadístico

Se estudiaron las siguientes variables: consumo de alimento en base a materia seca (MS), incremento de peso, conversión alimenticia, concentración en suero sanguíneo de glucosa, urea, creatinina, colesterol, proteínas totales, calcio, fósforo y magnesio.

Para el análisis estadístico de incremento de peso, metabolitos y minerales, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con submuestreos y arreglo factorial de tratamientos 3 x 3; tres etapas y tres niveles de zeolita. En tanto que para consumo y conversión alimenticia se utilizó el modelo de bloques al azar con similar arreglo factorial sin submuestreo (Steel y Torrie, 1980).

4. RESULTADOS

4.1. Comportamiento productivo

La ganancia de peso, el consumo de MS y la conversión alimenticia de los cerdos del experimento se muestran en el Cuadro 4.1. La inclusión de zeolita en la dieta no tuvo afectó significativo ($P>0.05$) sobre el incremento de peso, los promedios fueron similares en todos los tratamientos. Sin embargo, el consumo de materia seca y la conversión alimenticia mostraron diferencia significativa ($P<0.05$); se observó que el consumo de MS se incrementó en animales que recibieron 4 % de zeolita en comparación con el grupo testigo y los que recibieron 2 % mostraron similares consumos con el testigo.

Cuadro 4.1. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.

Etapa	Zeolita (%)			P > F
	0	2	4	
	Incremento de peso (kg/día)			
Iniciación	0.547	0.575	0.542	
Crecimiento	0.672	0.629	0.640	
Finalización	1.00	1.03	0.968	
Total	0.738 ^a	0.743 ^a	0.716 ^a	0.705
	Consumo MS (kg/día)			
Iniciación	1.222	1.166	1.340	
Crecimiento	2.319	2.167	2.357	
Finalización	3.599	3.669	3.903	
Total	2.380 ^a	2.333 ^a	2.533 ^b	0.003*
	Conversión alimenticia			
Iniciación	2.245	2.056	2.474	
Crecimiento	3.438	3.441	3.699	
Finalización	3.650	3.589	4.036	
Total	3.110 ^{ab}	3.028 ^a	3.403 ^b	0.018*

^{a, b}Promedios con igual literal dentro de hilera no son significativos ($P>0.05$)

* $P<0.05$

Se encontró mayor eficiencia de conversión con la adición de 2 % y menor con 4 % (3.028 contra 3.403), es importante señalar que para estas tres variables no se presentó efecto significativo ($P>0.05$) en la interacción.

4.2. Perfil bioquímico

La concentración de los metabolitos en suero sanguíneo de todos los animales del experimento se encuentran dentro de los límites normales (Merck, 2000). Sin embargo, al realizar el análisis estadístico de los mismos (Cuadro 4.2) se encontró que la concentración de glucosa, urea, creatinina y proteínas totales fue afectada por el nivel de zeolita en la dieta.

Respecto a la glucosa, los resultados indican efecto significativo en la interacción. Notándose que para la etapa de iniciación los niveles de glucosa no se alteraron, pero en crecimiento y finalización se incrementó la concentración con la adición de zeolita, siendo más pronunciado el incremento en los cerdos de finalización.

Para urea se encontró efecto significativo ($P<0.05$) en la interacción. Se reduce la concentración con la adición de 2 y 4 % de zeolita en las etapas de iniciación y finalización, para crecimiento los niveles tienden a incrementarse.

En las proteínas totales se encontró efecto significativo ($P<0.05$) en la interacción. Se observó que en la etapa de iniciación se redujo la concentración, sin embargo, para crecimiento y finalización los niveles aumentaron al agregar zeolita. Los niveles de creatinina disminuyeron significativamente ($P<0.05$) con la adición de zeolita en las tres etapas; por otro lado, no se encontró significancia ($P>0.05$) para la interacción.

La concentración de colesterol no mostró efecto significativo ($P>0.05$) para el factores etapa y zeolita ni en la interacción.

Al analizar los resultados obtenidos en la evaluación de los minerales calcio, fósforo y magnesio (Cuadro 4.3), no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) para los factores y su interacción, por lo tanto no se vieron afectados por la adición de zeolita.

Cuadro 4.2. Concentración de metabolitos en suero sanguíneo de cerdos alimentados con diferentes niveles de zeolita.

Etapa	Zeolita (%)			P>F
	0	2	4	
Glucosa (mg/dl)				
Iniciación	60.41	57.74	59.20	
Crecimiento	48.44	58.81	61.27	
Finalización	60.22	89.74	92.85	
Total	56.35 ^b	69.07 ^a	70.82 ^a	0.001*
Urea (mg/dl)				
Iniciación	14.55	14.31	12.49	
Crecimiento	11.40	12.06	12.98	
Finalización	16.85	8.94	10.26	
Total	14.27 ^b	11.76 ^a	11.94 ^a	0.026*
Creatinina (mg/dl)				
Iniciación	2.98	2.52	2.06	
Crecimiento	1.78	1.34	1.25	
Finalización	1.38	1.05	1.31	
Total	2.05 ^b	1.65 ^a	1.53 ^a	0.001*
Proteínas totales (mg/dl)				
Iniciación	6.94	6.10	6.18	
Crecimiento	5.42	6.48	6.12	
Finalización	4.47	6.68	6.24	
Total	5.61 ^b	6.42 ^a	6.18 ^a	0.001*
Colesterol (mg/dl)				
Iniciación	105.77	96.55	94.47	
Crecimiento	91.63	106.99	105.13	
Finalización	73.95	86.66	84.83	
Total	90.45 ^a	96.41 ^a	95.11 ^a	0.288

^{a, b} Promedios con igual literal dentro de hilera no son significativos ($P>0.05$)

* $P<0.05$

Cuadro 4.3. Concentración de minerales en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.

Etapa	Zeolita (%)			P>F
	0	2	4	
Calcio (mg/dl)				
Iniciación	5.98	6.50	6.31	
Crecimiento	6.71	6.92	6.67	
Finalización	6.43	7.66	6.74	
Total	6.37 ^a	7.03 ^a	6.58 ^a	0.108
Fósforo (mg/dl)				
Iniciación	8.26	7.88	8.59	
Crecimiento	7.62	8.14	8.13	
Finalización	7.32	8.00	8.64	
Total	7.74 ^a	8.00 ^a	8.45 ^a	0.311
Magnesio (mg/dl)				
Iniciación	1.81	1.81	1.75	
Crecimiento	1.79	1.81	1.86	
Finalización	1.70	1.93	1.82	
Total	1.77 ^a	1.85 ^a	1.81 ^a	0.847

^{a, b}Promedios con igual literal dentro de hilera no son significativos (P>0.05)

5. DISCUSIÓN

5.1. Comportamiento productivo

Los resultados de este experimento demostraron que la zeolita no ayudó a incrementar la ganancia de peso de los cerdos a largo de todo el periodo de prueba y estos resultados no favorables se deben a varios factores, Alexopoulos *et al.* (2007) y Prvulovic *et al.* (2007) señalan que el tipo de zeolita, su pureza, especie, tamaño de partícula junto con la fase de crecimiento de los animales y las condiciones ambientales influyen para que se obtengan efectos favorables o no en los cerdos. En éste experimento se asevera que las condiciones ambientales específicamente la humedad en las corraletas y la poca adaptación de los animales de iniciación a una dieta sólida influyeron en los resultados. En el experimento llevado a cabo por Prvulovic *et al.* (2007) con cerdos cruzados (Landrace x Yorkshire) en donde probaron dos niveles 0 y 5 % de clinoptilolita en un programa de alimentación de tres fases encontró efectos positivos sólo en la etapa de crecimiento, en finalización la zeolita afectó negativamente los incrementos de peso. Shurson *et al.* (1984) al probar con cuatro niveles (0, 1, 3 y 5 %) en tres etapas de producción, no encontró efectos significativos en ninguna de las etapas, de igual manera Tiwari (2007) al trabajar con 0 y 4 % no encontró significancia, resultados que son similares a los encontrados en éste trabajo. Aunque Defang y Nikishov (2009) reportan altos incrementos de peso con 4 % en las etapas de crecimiento y finalización no así en iniciación, señalan que los efectos benéficos se deben a la intervención de la zeolita en los mecanismos relacionados con la remoción y adsorción de componentes nocivos derivados de la actividad microbiana específicamente del amoníaco y la reducción de la velocidad de paso del alimento en los intestinos lo cual incrementa la actividad microbiana y enzimática dando como resultado mejor utilización de los nutrientes sobre todo del N.

Los consumos de materia seca obtenidos en el estudio son ligeramente superiores a los reportados por NRC (1998). Además, se encontró que los cerdos que se les adicionó 4 % de zeolita en la dieta aumentaron significativamente su consumo y el índice de conversión respecto a 0 y 2 %, los consumos superiores con zeolita se deben a que hay una dilación de energía y proteína de la dieta cuando se añade este mineral (Malagutti *et al.*, 2002). Shurson *et al.* (1984) al trabajar con cerdos cruzados en dos fases de alimentación, no encontraron efectos significativos en los incrementos de peso, sin embargo, observaron que en la etapa de finalización los cerdos elevaron el índice de conversión con 5 % de zeolita. Leung (2004) al trabajar con cerdos desde la fase de inicio a finalización con niveles de 0, 2, 4 y 6 % no encontró efectos significativos en incrementos de peso y conversión, pero observó una tendencia a incrementarse el consumo cuando se añade zeolita. Alexopoulos *et al.* (2007) observó incremento en el consumo con 2 %. De igual manera Meléndez y Rodríguez (2005) al trabajar con cerdos de un peso inicial de 18 kg durante ocho semanas utilizando 0, 2, 4 y 6 % de zeolita en la dieta encontraron que en los tratamientos con zeolita aumenta el consumo de materia seca y observaron una menor eficiencia de conversión en los niveles 2 y 4 %. Sin embargo, encontraron que con 6 % se logra una mejor eficiencia de conversión y mejores ganancias de peso. Castro e Iglesias (1989) obtienen efectos positivos con 3 y 6 % de zeolitas. Castro y Mas (1989) sugieren un 3 %.

Poulsen y Oksbjerg (1995); Trckova *et al.* (2009) señalan que la adición de zeolita aumenta la materia mineral en la dieta y reduce el coeficiente de digestibilidad de la materia seca y la energía, lo que ocasiona que los cerdos no compensen el consumo, la eficiencia de conversión y el crecimiento se reduzcan.

5.2. Perfil bioquímico

Shurson *et al.* (1984), Malagutti *et al.* (2002) y Alexopoulos *et al.* (2007) señalan que la reducción en la concentración de urea y creatinina en sangre se debe a que la zeolita tiene una alta afinidad por los iones de amonio, es decir posee una alta capacidad de capturar iones de amonio producidos en la deaminación de las proteínas de la dieta durante el proceso digestivo impidiendo así su absorción e incrementando la actividad enzimática y microbiana, dando como resultado mejor utilización de los nutrientes especialmente del N. Una mejora significativa en la retención de N en cerdos de 12 a 35 kg de PV alimentados con una dieta comercial diluida con 2 % de zeolita ha sido señalado por Parisini *et al.* (1999). En el mismo sentido, Poulsen y Oksbjerg (1995) señalan que la inclusión de zeolita en la dieta de cerdos aumenta la excreción de nitrógeno en las heces y la reduce a nivel urinario. Tanto Shurson *et al.* (1984) como Uygongco y Bundy (1999) mostraron que hay una reducción del 7 % en la emisión de nitrógeno en la orina como efecto de la dilución de la dieta con 2 % zeolita.

Respecto a la glucosa Nestorov (1984) reportó que con la inclusión de 4 % de zeolita en la dieta de cerdos en crecimiento se incrementó la concentración e indicó que al hacer una observación de las células epiteliales del intestino delgado observó un alto desarrollo del aparato de Golgi y una actividad de pinositosis bien marcada (proceso biológico que permite a determinadas células obtener líquidos orgánicos del exterior para ingresar nutrientes como azúcares y proteínas). Señala que estos cambios pueden estar relacionados con una mayor absorción de nutrientes por parte de la zeolita. Alexopoulos *et al.* (2007) indican que los incrementos son más marcados en las etapas de crecimiento y finalización y quizás se debe principalmente a la mejora gradual de utilización de los carbohidratos de la dieta con la edad debido a la maduración correcta de los sistemas enzimáticos de la mucosa duodenal y el páncreas. Sin embargo,

Prvulovic *et al.* (2007) no encontró significancia ($P>0.05$) en ninguno de los metabolitos al adicionar 5 % de zeolita a la dieta.

Las proteínas totales comprende dos grandes grupos del plasma: las albúminas y las globulinas, estas son sintetizadas en el hígado. Una disminución en los niveles de las proteínas totales se debe a un nivel bajo de la albúmina (Fenner, 1999) que se debe a la falta de ingestión de cantidades adecuadas de proteínas en la dieta (Church *et al.*, 2006) quizás esto este relacionado con la captura por parte de la zeolita, lo que provoca poca absorción intestinal, debido a que la zeolita tiene una interacción potencial con los ingredientes de la dieta y posee una propiedad poco especifica de adsorción e intercambio iónico (Alexopoulos *et al.*, 2007), que es lo que ocurrió en la etapa de iniciación. Sin embargo, en crecimiento y finalización los niveles séricos de proteínas totales aumentaron con la adición de zeolita. El incremento en las proteínas totales puede deberse a un aumento en el nivel de globulinas (inmunoglobulinas y diversas proteínas de transporte). La producción de anticuerpos puede ocasionar algunos cambios en la concentración de gamma-globulinas (Fenner, 1999), esto puede deberse a que la zeolita favorece el control de las diarreas y se reduce la mortalidad por esta causa, debido a la propiedad antibiótica y al efecto desintoxicante que posee este material al arrastrar al exterior del tracto digestivo las toxinas y ciertos metales pesados tóxicos como Pb, Cu y Cd, lo que ayuda a que los cerdos tengan un buen estado de salud, una mejor producción de anticuerpos y una mejor utilización de nutrientes (Prieto *et al.*, 2004). El efecto benéfico solo se observó en las etapas de crecimiento y finalización. Es importante señalar que los niveles encontrados están dentro de un rango normal y no puede haber daño hepático en los animales.

Por otro lado, el colesterol y los minerales no fueron afectados por la adición de zeolita. Papaioannou *et al.* (2004), Leung (2004) y Alexopoulos *et al.* (2007) reportaron que no se altera la concentración de minerales y no afecta el

metabolismo de los grasas con la adición de zeolita en la dieta. Pond *et al.* (1989); Castro y Savón (1998) señalan que no existe peligro potencial al utilizar zeolita a niveles elevados (hasta 10 %).

6. CONCLUSIONES

La inclusión de 2 y 4 % de zeolita no afectó la ganancia diaria de peso. Sin embargo, la inclusión de 2 % mejoró el índice de conversión sin aumentar el consumo. En tanto que con el 4 % se incrementa el consumo y el índice de conversión se ve afectada negativamente.

Se logró reducir significativamente los niveles de urea en iniciación y finalización y se logró reducir la concentración de creatina en sangre con la adición de zeolita en las tres etapas del experimento, lo cual indica una mejor utilización del N de la dieta. La concentración de glucosa se incrementó solo en las etapas de crecimiento y finalización, lo que permitió una mejora gradual de utilización de los nutrientes principalmente de carbohidratos a partir de los 25 kg de peso vivo.

En las etapas de crecimiento y finalización los cerdos son favorecidos con la adición de zeolita, la mayor concentración en suero de proteínas totales indica una mejora significativa en la salud y una adecuada utilización de la proteína de la dieta. No se afectó el metabolismo de las grasas y de los minerales.

7. RESUMEN

Se realizó un experimento con 42 cerdos (24 machos castrados y 18 hembras) de cruza tipo comercial: Yorkshire, Hampshire y Landrace de 13 a 99 kg de PV, en un diseño bloques al azar con arreglo factorial 3x3, para determinar el efecto de la adición de zeolita, en un programa de alimentación de tres etapas, sobre el comportamiento productivo y química sanguínea (metabolitos, minerales). Los tratamientos se diseñaron de acuerdo a la combinación de niveles de los factores: etapa de producción (inicio, crecimiento, finalización) y nivel de inclusión de zeolita en la dieta (0, 2, 4 %). El experimento tuvo una duración de 114 días y se realizó en la Granja Porcina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Saltillo, Coahuila, México. No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) para ganancia de peso, pero si las hubo para consumo y conversión alimenticia ($P < 0.05$). La zeolita al 4 % incremento el consumo pero redujo la eficiencia alimenticia, en tanto que el nivel 2 % mejoró la conversión alimenticia y el consumo. La glucosa en suero mostró efecto significativo en la interacción ($P < 0.05$), la cual incrementó en las etapas de crecimiento y finalización pero se mantuvo constante en iniciación con la adición de zeolita; la urea tuvo efecto significativo en la interacción ($P < 0.05$), ésta se redujo con la adición de zeolita en las etapas de iniciación y finalización, sin embargo, para crecimiento los niveles mostraron una tendencia a incrementarse; la creatinina disminuyó significativamente su concentración ($P < 0.05$) en las tres etapas de producción al añadir zeolita, las proteínas totales mostraron significancia en la interacción ($P < 0.05$), su concentración disminuyó en iniciación pero aumentó en crecimiento y finalización con la adición de zeolita ($P < 0.05$). El colesterol y los minerales no fueron afectados ($P > 0.05$). Se concluyó que la adición de zeolita en la dieta no mejora los incrementos de peso, ni afecta al metabolismo de los minerales y las grasas, pero si el consumo, la conversión alimenticia y los procesos enzimáticos involucrados con el metabolismo de los carbohidratos y

proteínas. La adición al 2 % de zeolita en la dieta mejora la conversión alimenticia respecto al testigo (3.028 contra 3.110) sin aumentar el consumo.

8. LITERATURA CITADA

- Alexopoulos, C., D. S. Papaioannou, P. Fortomaris, C. S. Kyriakis, T. Goussi, A. Yannakopoulos y S. C. Kyriakis. 2007. Experimental study on the effect of in feed administration of a Clinoptilolite rich tuff on certain biochemical and hematological parameters of growing and fattening pigs. *Livestock Sci.* 111: 230–241.
- A.O.A.C. 1997. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15th edition. Washington, D. C. 1018 pp.
- Acosta, A., E. Lon-Wo, y O. Dieppa. 2005. Efecto de la zeolita natural (Clinoptilolita) y de diferentes esquemas de alimentación en el comportamiento productivo del pollo de ceba. *Rev. Cubana de Cienc. Agríc.* 3: 319-326.
- Arroyo, L. A., M. A. Muñiz y H. R. Rojas. 2002. Inclusión de una zeolita (Clinoptilolita) en dietas de pollos de engorda. 15^a. Reunión Científica, Tecnológica, Forestal y Agropecuaria. Veracruz, México.
- Bazanov, N. U., K. T. Tashenov, G. V. Tsitsishvili y T. G. Andronikashvili. 1982. Effect of natural zeolite on digestion in the rumen of ruminants. *Rev. Biologicheskaya* 8: 88-93.
- Castro, M., M. Martínez, C. Gallego, L. Ayala, J. Castañeda y L. Hernández. 2005. Alternativas nutricionales para reducir el impacto ambiental de la producción porcina. VIII Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos. Venezuela. p. 27.
- Castro, M. y M. Iglesias. 1989. Efecto de la zeolita en dietas tradicionales para cerdos en ceba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 23:273.

- Castro, M y A. Elías. 1978. Efecto de la inclusión de zeolita en dietas de miel final sobre el comportamiento de cerdos en crecimiento y ceba. Rev. Cubana Cienc. Agríc.12:67.
- Castro, M. y L. Savón. 1998. Efecto acumulativo de la zeolita en carne y vísceras de cerdos. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 32:59.
- Castro, M., M. Martínez, L. Ayala, Y. Rodríguez, L. Savón, E. Adrien y J. Castañeda. 2008. Efecto de la zeolita natural en la prevención de problemas respiratorios en cerdos de preceba. Rev. Cubana de Cienc. Agríc. 42: 2.
- Castro, M. y E. Mas. 1989. Efecto de diferentes niveles de zeolita en el balance de algunos nutrimentos en el pienso para la preceba porcina. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 23:49.
- Castro, M. 2003. Las zeolitas naturales en sistemas de alimentación con productos y subproductos de la industria azucarera para cerdos. VII Encuentro de Producción y Nutrición de Animales Monogástricos. Instituto de Ciencia Animal, La Habana Cuba.
- Cosma, F. D. 2008. "Utilización de una zeolita natural (clinoptilolita) en la alimentación de conejos en fase de engorde". Tesis licenciatura, Universidad de la Salle. Bogota, D. C.
- Church, D. C., W. G. Pond y K. R. Pond. 2006. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Segunda edición. Editorial Limusa. México. pp. 146-149.
- Defang, H. F. y A. A. Nikishov. 2009. Effect of dietary inclusion of zeolite on performance and carcass quality of grower-finisher pigs. Livestock Res. Rural Develop. 21: 6.

- Fenner, R. W. 1999. Manual de medicina veterinaria de pequeñas especies. Segunda edición. Editorial Limusa. México. Pp. 535-545.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Köppen. 2ª. Edición. Instituto de Geografía UNAM. México.
- Gevorkyan, G. A., A. M. Karadzhyan y A. G. Chirkinyan. 1982. Effect of natural zeolite on growth and development of young pigs. Trudy Erevanskogo Zootekhnicheskovo-veterinarnogo Instituta: 87-90.
- González, L. M., M. Valdivia y E. Lon-Wo. 1996. Saccharine and Zeolite in broiler feeding. Cuban J. Agric. Sci. 30: 309-313.
- Hatieganu, V., I. Puia, O. Popa y G. Baltan. 1979. Use of natural zeolites in animal feeding (synthesis). Zoot. Med. Vet. 33: 27-34.
- Hartog, D. L. y R. Sijtsma. 2007. Estrategias nutricionales para reducir la contaminación ambiental en la producción de cerdos. XXIII Curso de Especialización. Madrid, España.
- Hossain, S. M., M. J. Almeida y G. A. Filho. 1995. Effect of natural zeolite on performance of finishing pigs. Arch. Brasileño Med. Vet. y Zoot. 47: 217-227.
- Kim, J. H., S. C. Kim y Y. D. Ko. 2005. Effect of dietary zeolite on the performance and carcass characteristics of finishing pigs. J. Anim. Sci. and Tech. 47: 555-564.
- Kyriakis, S. C., D.S. Papaioannou, C. Alexopoulos, Z. Polizopoulou, E.D Tzika y C.S. Kyriakis. 2002. Experimental studies on safety and efficacy of the dietary use of a clinoptilolite-rich tuff in sows: a review of recent research in Greece. Microporous and Mesoporous Materials 51: 65–74.

- Leung, S. 2004. The effect of Clinoptilolite properties and supplementation levels on swine performance. MSc thesis. McGill University Montreal. pp. 131.
- Lon-Wo, E., V. Zaldívar y E. Margolles. 1993. Effect of natural zeolites on poultry feeding with different nutritional levels or high mycotoxin contamination. Cuban J. Agric. Sci. 27: 199-204.
- Ly, J. y M. Castro. 1997. Total and ileal digestibility in pigs fed diets containing a cuban natural zeolite Digestive physiology in pigs. Proceedings of the 7th International Symposium Saint Malo, France. 26-28 May.
- Malagutti, L., M. Zannotti, F. Sciaraffia. 2002. Use of clinoptilolite in piglet diets as a substitute for Colistine. Italy. J. Anim. Sci. 1: 275-280.
- Martínez, M., M. Castro, K. Hidalgo, U. Ayala, R. Pérez, L. Hernández y L. Báez. 2004. Effective utilization of natural zeolite for diarrhea control. Cuban J. Agric. Sci. 38: 4: 387-390.
- Meléndez, V. M. y A. J. Rodríguez. 2005. Evaluación de tres niveles de zeolita como promotor natural de crecimiento en dietas en las fases de inicio y acabado de cerdos confinados. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.
- Merck, 2000. Guía de referencia: Bioquímica Sérica (criterios de valoración). Manual de Merck de Veterinaria. Quinta edición. Grupo Editorial Océano. Barcelona, España. Pp. 2454-2455.
- Monetti, P. G., M. Tassinari, G. Vignola y J. L. Gonzáles. 1996. Nitrogen balance and apparent digestibility coefficients of some nutrients in growing pigs fed diets containing a natural zeolite. Zoot. Nutr. Anim. 22: 159-167.

- Mumpton, F.A. 1999. La roca magica: Uses of Natural zeolites in agriculture and industry. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 96: 3463–3470.
- Mumpton, F. A y P. H. Fishman. 1977. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. *J. Anim. Sci.* 45: 5.
- NRC. 1998. National Research Council. Nutrient requirements of swine. 10th Ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nestorov, N. 1984. Possible applications of natural zeolites in animal husbandry. In: Mumpton, F. A y P. H. Fishman. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. *J. Anim. Sci.* 45: 5.
- Olver, M. D. 1997. Effect of feeding clinoptilolite (zeolite) on the performance of three strains of laying hens. *British Poultry Sci.* 38: 220-222.
- Papaioannou, D. S., C. S. Kyriakis, C. Alexopoulos, E.D. Tzika, Z. S. Polizopoulou y S. C. Kyriakis. 2004. A field study on the effect of the dietary use of a clinoptilolite-rich tuff, alone or in combination with certain antimicrobials, on the health status and performance of weaned, growing and finishing pigs. *Res. Vet. Sci.* 76: 19–29.
- Parisini, P., G. Martella, L. Sardi y F. Escribano. 1999. Protein and energy retention in pigs fed diets containing sepiolite. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 79: 155-162.
- Pond, W. G. y J. T. Yen. 1982. Response of growing swine to dietary clinoptilolite from two geographic sources. *Nutrition Reports International* 25: 837-848.

- Pond, W. G., J. T. Yen y J. D. Crouse. 1989. Tissue Mineral element content in swine fed clinoptilolite. *Environ. Contam. Toxicol.* 42:735-742.
- Poulsen, H. D. y N. Oksbjerg. 1995. Effects of dietary inclusion of a zeolite (clinoptilolite) on performance and protein metabolism of young growing pigs. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 53: 297-303.
- Prieto, P., D. Rodríguez y A. Rubio. 2004. Una nota sobre la utilización de una zeolita natural cubana en el tratamiento de la diarrea en cerditos lactantes. *Rev. Computarizada de Producción Porcina.* 11: 1
- Prvulovic, D., A. J. Galovic, B. Stanitic, M. Popovic y G. GruborLajsic. 2007. Effects of a clinoptilolite supplement in pig diets on performance and serum parameters. *Czech J. Anim. Sci.* 52:159-164.
- Ramos, A. J., J. F. Gremmels y E. Hernández. 1996. Prevention of toxic effects of mycotoxins by means of nonnutritive adsorbent compounds. *J. Food Protec.* 59: 631-641.
- Ramos, A. J. y E. Hernández. 1997. Prevention of aflatoxicosis in farm animals by means of hydrated sodium calcium aluminosilicate addition to feedstuffs: A review. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 65: 197-206.
- Rodríguez, A., C. González, L. Díaz, E. Hurtado, y H. Vecchionacce. 2003. Effect of lipids and zeolite incorporation on total apparent digestibility of diets with sweet potato (*Ipomoea batata* L.) foliage in pigs. *Cuban J. Agric. Sci.* 37: 4. 421-424.
- SAGARPA. 2006. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México. Boletín electrónico.
Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.Dgg>. Consultado: Enero 15, 2009.

- Shurson, G. C., P. K. Ku, E. R. Miller y M. T. Yokoyama. 1984. Effects of zeolite A or Clinoptilolite in diets of growing swine. *J. Anim. Sci.* 59: 6. 1536-1545.
- Smith, T. K. y L. J. James. 1980. Mycotoxins in animal feeds. An update. *Feedstuffs* 52: 30-31.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. A. Biometrical Approach. 2th. edition. McGraw-Hill book Co., New York.
- Tashenov, K.T., T.G. Andronikashvili, M. M. Ababkov, K. Tashenov, K.R. Dzhubanova y D.K. Tlegenov. 1986. Effect of zeolite on nitrogen content of the gastrointestinal tract in ruminants. *Trudy Inst. F.* 29:29-39.
- Thielemans, M. F. y C. Bodart. 1983. Zeolite in the feeding of growing-finishing pigs. 2. Effect on the digestibility of nutrients. *Rev. Agric.* 36: 1145-1151.
- Tiwari, J. 2007. Zeolite as natural feed additives to reduce environmental impacts of swine manure. MSc Thesis. McGill University, Montreal.
- Trckova, M., L. Matlova, L. Dvorska y I. Pavlik. 2004. Kaolin, bentonite, and zeolites as feed supplements for animals: Health advantages and risks. *Vet. Med. – Czech.* 49: 389–399
- Trckova, M., H. Vondruskova, Z. Zraly, P. Alexa, J. Hamrik, V. Kummer, J. Maskova, V. Mrlik, K. Krizova, I. Slana, L. Leva y I. Pavlik. 2009. The effect of kaolin feeding on efficiency, health status and course of diarrhoeal infections caused by enterotoxigenic *Escherichia coli* strains in weaned piglets. *Vet. Med.* 54. 2: 47–63.

Uygongco, G. y D. Bundy. 1999. Effects of reduced nitrogen content and clinoptilolite supplementation of diets on growth performance, nitrogen excretion, and odor production. MSc Thesis. Iowa State University.

Veitia, R. J. y A. C. Gonzáles. 1999. Evaluación del comportamiento productivo, canal y transito de digesta en pollos de engorde, sometidos a dietas con diferentes niveles de zeolita natural. Tesis de licenciatura. Biblioteca de producción animal. Venezuela.

Zannotti, M., R. Capalbo, L. Malagutti y F. Sciaraffia. 1999. Use of clinoptilolite in piglets diet and the effect on nitrogen metabolism. Proceedings of the A.S.P.A. XIII Congress: Piacenza, Italy.

Zaldivar, V., E. Margolles, M. Cristina y M. Muñoz. 2005. Utilización de zeolitas naturales cubanas en la producción de monogástricos. Aspectos metabólicos y de salud. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Habana, Cuba.

9. APÉNDICE

Cuadro 9.1. Análisis de varianza para ganancia de peso.

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	29	5.5011	0.1896	20.1217	
Sexo	1	0.1513	0.1513	16.0531	0.0001*
Tipo racial	1	0.0447	0.0447	4.7430	0.0319*
Peso inicial (kg)	1	0.0228	0.0228	2.4200	0.1231
Tratamiento	8	0.1767	0.0220	2.3435	0.0240*
Etapa	2	0.1346	0.0673	7.1426	0.0013*
Zeolita (%)	2	0.0077	0.0038	0.4093	0.6653
Etapa*zeolita	4	0.0309	0.0077	0.8211	0.5148
Bloques	2	0.0667	0.0333	3.5414	0.0328*
Tratamiento*Bloque	16	0.4056	0.0253	2.6890	0.0015*
Error	96	0.9050	0.0094		
C. Total	125	6.4061	0.0512		

Cuadro 9.2. Análisis de varianza para consumo de materia seca.

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	10	28.6110	2.8611	232.4279	
Tratamiento	8	28.2098	3.5262	286.4615	<.0001*
Etapa	2	27.9494	13.9747	1135.267	<.0001*
Zeolita (%)	2	0.1967	0.0983	7.990	0.0039*
Etapa*zeolita	4	0.0637	0.0159	1.2947	0.3137
Bloque	2	0.4011	0.2005	16.2933	0.0001*
Error	16	0.1969	0.0123		
C. Total	26	28.8079	1.1079		

Cuadro 9.3. Análisis de varianza para conversión alimenticia.

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	10	12.8788	1.28788	19.038	
Tratamiento	8	12.4803	1.5600	23.0611	<.0001*
Etapa	2	11.7302	5.8651	86.7002	<.0001*
Zeolita (%)	2	0.6966	0.3483	5.1489	0.0188*
Etapa*zeolita	4	0.0535	0.0133	0.1977	0.9359
Bloque	2	0.3985	0.1992	2.9454	0.0814
Error	16	1.0823	0.0676		
C. Total	26	13.9612	0.5369		

Cuadro 9.4. Análisis de varianza para la concentración de glucosa en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	29	30592.712	1054.92	6.5001	
Sexo	1	264.8635	264.8635	1.632	0.2057
Tipo racial	1	6.0754	6.0754	0.0374	0.8472
Peso inicial (kg)	1	57.1648	57.1648	0.3522	0.5548
Tratamiento	8	9341.9194	1167.7399	7.1952	<.0001*
Etapa	2	1833.3858	916.6929	5.6483	0.0053*
Zeolita (%)	2	3578.5716	1789.2858	11.025	<.0001*
Etapa*Zeolita	4	3413.6483	853.4120	5.2584	0.0009*
Bloques	2	525.7578	262.8789	1.6198	0.2054
Tratamiento*Bloque	16	9089.8315	568.1144	3.5005	0.0001*
Error	69	11198.291	162.29		
C. Total	98	41791.003	426.4388		

Cuadro 9.5. Análisis de varianza para la concentración de urea en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	29	925.0349	31.8978	2.1354	
Sexo	1	0.4257	0.4257	0.0285	0.8664
Tipo racial	1	2.6731	2.6731	0.179	0.6736
Peso inicial(kg)	1	16.5844	16.5844	1.1103	0.2957
Tratamiento	8	467.4209	58.4276	3.9115	0.0007*
Etapa	2	26.27139	13.1356	0.8794	0.4196
Zeolita (%)	2	114.6382	57.3191	3.8373	0.0263*
Etapa*Zeolita	4	337.6459	84.4114	5.651	0.0005*
Bloques	2	21.9621	10.9810	0.7351	0.4832
Trat*Bloque	16	391.2803	24.4550	1.6372	0.0821
Error	69	1030.6834	14.9374		
C. Total	98	1955.7183	19.9563		

Cuadro 9.6. Análisis de varianza para la concentración de creatinina en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	29	44.0957	1.5205	6.0997	
Sexo	1	1.9327	1.9327	7.7534	0.0069*
Tipo racial	1	0.0061	0.0061	0.0248	0.8754
Peso inicial(kg)	1	0.5162	0.5162	2.0711	0.1546
Tratamiento	8	17.8209	2.2276	8.9361	<.0001*
Etapa	2	10.2587	5.1293	20.5766	<.0001*
Zeolita (%)	2	5.2400	2.6200	10.5103	0.0001*
Etapa*Zeolita	4	2.0343	0.5085	2.0402	0.0983
Bloques	2	0.2951	0.1475	0.5921	0.556
Trat*Bloque	16	3.3181	0.2073	0.8319	0.646
Error	69	17.2004	0.2492		
C. Total	98	61.2961	0.6254		

Cuadro 9.7. Análisis de varianza para la concentración de colesterol en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	29	29622.942	1021.48	3.0244	
Sexo	1	848.295	848.295	2.5116	0.1176
Tipo racial	1	1521.177	1521.177	4.5038	0.0374*
Peso inicial (kg)	1	0.566	0.566	0.0017	0.9675
Tratamiento	8	4147.825	518.4781	1.5351	0.1612
Etapa	2	896.9475	448.4737	1.3278	0.2717
Zeolita (%)	2	855.5537	427.7768	1.2665	0.2883
Etapa*Zeolita	4	2642.943	660.7357	1.9563	0.1109
Bloques	2	1440.262	720.131	2.1321	0.1263
Trat*Bloque	16	16257.982	1016.1239	3.0085	0.0008*
Error	69	23304.858	337.75		
C. Total	98	52927.801	540.0796		

Cuadro 9.8. Análisis de varianza para la concentración de proteínas totales en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	29	76.2256	2.6284	4.8158	
Sexo	1	3.4386	3.4386	6.3001	0.0144*
Tipo racial	1	0.5878	0.5878	1.077	0.303
Peso inicial (kg)	1	3.4407	3.4407	6.3041	0.0144*
Tratamiento	8	39.8378	4.9797	9.1237	<.0001*
Etapa	2	3.3652	1.6826	3.0829	0.0522
Zeolita (%)	2	7.9992	3.9996	7.328	0.0013*
Etapa*Zeolita	4	25.4341	6.3585	11.6499	<.0001*
Bloques	2	0.0137	0.0068	0.0126	0.9875
Trat*Bloque	16	19.1579	1.1973	2.1938	0.0131*
Error	69	37.6604	0.5458		
C. Total	98	113.8860	1.1621		

Cuadro 9.9. Análisis de varianza para la concentración de calcio en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	29	60.4878	2.0857	1.4171	
Sexo	1	1.1773	1.1773	0.7999	0.3742
Tipo racial	1	1.0900	1.0900	0.7406	0.3925
Peso inicial (kg)	1	0.6235	0.6235	0.4236	0.5173
Tratamiento	8	15.6067	1.9508	1.3254	0.2458
Etapa	2	4.5296	2.2648	1.5387	0.2219
Zeolita (%)	2	6.7550	3.3775	2.2947	0.1084
Etapa*Zeolita	4	2.8226	0.7056	0.4794	0.7507
Bloques	2	3.3337	1.6668	1.1325	0.3282
Trat*Bloque	16	30.1451	1.8840	1.28	0.2351
Error	69	101.5595	1.4718		
C. Total	98	162.0474	1.6535		

Cuadro 9.10. Análisis de varianza para la concentración de fósforo en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	29	123.3907	4.2548	1.3102	
Sexo	1	10.8161	10.8161	3.3306	0.0723
Tipo racial	1	0.6794	0.6794	0.2092	0.6488
Peso inicial (kg)	1	25.7290	25.7290	7.9226	0.0064*
Tratamiento	8	37.0348	4.6293	1.4255	0.2016
Etapa	2	22.4523	11.2261	3.4568	0.0371*
Zeolita (%)	2	7.7008	3.8504	1.1856	0.3117
Etapa*Zeolita	4	4.7324	1.1831	0.3643	0.8332
Bloques	2	3.8853	1.9426	0.5982	0.5526
Trat*Bloque	16	76.1424	4.7589	1.4654	0.1387
Error	69	224.0822	3.2475		
C. Total	98	347.4729	3.5456		

Cuadro 9.11. Análisis de varianza para la concentración de magnesio en suero sanguíneo de cerdos alimentados con zeolita.

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	29	2.5671	0.0885	0.6528	
Sexo	1	0.0301	0.0301	0.2222	0.6388
Tipo racial	1	0.0327	0.0327	0.2412	0.6249
Peso inicial (kg)	1	0.0082	0.0082	0.0606	0.8063
Tratamiento	8	0.3142	0.0392	0.2897	0.9672
Etapa	2	0.0124	0.0062	0.046	0.9551
Zeolita (%)	2	0.0449	0.0224	0.1659	0.8475
Etapa*Zeolita	4	0.2305	0.0576	0.425	0.7901
Bloques	2	0.1667	0.0833	0.6148	0.5437
Trat*Bloque	16	2.0456	0.1278	0.9428	0.5264
Error	69	9.3573	0.1356		
C. Total	98	11.9245	0.1216		

Cuadro 9.12. Dietas utilizadas en las tres etapas del periodo experimental.

Ingredientes	Inicio	Crec.	Finalización
Maíz molido (kg)	665		
Maíz o sorgo molido (kg)		780	757
Pasta de soya (kg)	230	175	200
Grasa animal (kg)	20	15	15
Calcio 38 % (kg)	10	10	8
Suplemento No. 100 forte (VIT-MIN) (kg)	75		
Suplemento No. 35 forte (VIT-MIN) (kg)		20	20
Klinofeed (zeolita) (kg)	3		
Total (kg)	1,003	1,000	1,000